

⑫公開特許公報(A)

昭54—109594

⑪Int. Cl.²
G 21 C 17/00識別記号 ⑫日本分類
136 B 43庁内整理番号
7156—2G

⑬公開 昭和54年(1979)8月28日

発明の数 1
審査請求 有

(全 5 頁)

⑭原子力発電所再起動時の炉心状態予測装置

⑮特 願 昭53—16569
⑯出 願 昭53(1978)2月17日
⑰発 明 者 大塚勉
川崎市川崎区浮島町4番1号
日本原子力事業株式会社研究所

内
⑱出 願 人 日本原子力事業株式会社
東京都港区三田三丁目13番12号
同 東京芝浦電気株式会社
川崎市幸区堀川町72番地
⑲代 理 人 弁理士 門脇実

明 細 書

1. 発明の名称 原子力発電所再起動時の炉心
状態予測装置

2. 特許請求の範囲

1) 原子炉の炉心に挿入される制御棒の位置、炉心内の中性子束、炉心内外のプロセス数等を検出する各種検出器から得られるデータから炉心性能を計算する炉心性能計算装置と、前記炉心性能計算装置で出力されるデータと計算で求めたゼノン濃度とを格納するデータ追跡装置と、前記データ追跡装置の出力データと操作員入力装置から入力される再起動時間および炉心流量または炉出力の時間関数入力データとから軸方向一次元拡散モデルにより炉心熱出力または炉心流量の軸方向炉出力分布を予測する軸方向炉出力分布予測装置と、前記データ追跡装置と前記軸方向炉出力分布予測装置とから径方向炉出力分布を予測する径方向炉出力分布予測装置と、前記軸方向および径方

向炉出力分布予測装置の予測結果より線出力密度、炉心熱的余裕等を計算しこれをあらかじめ設定された制限条件と比較する制限条件比較装置とからなることを特徴とする原子力発電所再起動時の炉心状態予測装置。

2) 前記制限条件比較装置において、制限条件設定盤によりあらかじめ設定した制限値と比較し、予測値が制限値を逸脱した場合、適当な炉心流量（または炉出力）の時間関数を推定し、軸方向炉出力分布予測装置に転送し、制限条件を超えない運転方法を予測することを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の原子力発電所再起動時の炉心状態予測装置。

3. 発明の詳細な説明

本発明は冷却材流量の制御と制御棒の操作によつて、原子炉の出力制御を行なう原子力発電所において、原子炉スクラム後の再起動を行なうさいの再起動時の炉心状態予測装置

BEST AVAILABLE COPY

に関する。

原子力発電所において、タービントリップ等の電力系統からの外力その他何らかの異常が発生したときは、あらかじめ定められたプロセス量、すなわち温度、圧力、流量等の変数について設定された制限値を変数が超過するとただちに原子炉外に引抜かれている制御棒を一斉に原子炉炉心内に挿入して炉を緊急停止させる。これをスクラムとよんでいるが、スクラムが生じた場合、ただちにその原因を調査し排除することによつて原子炉の再起動が可能となる。

しかし、再起動時の出力制御はゼノンの反応度効果が存在するため、効果の程度を考慮しながら行なわなければならない。たとえばスクラム後の炉停止時間が短い場合は、ゼノン濃度が増えているので出力の上昇は困難であり、また炉停止時間が長い場合は、ゼノン濃度が次第に減少するのでスクラム前の制御棒パターンにすぐ復帰させることはできない。

を提供するにある。

以下本発明の実施例について図面を参照して詳細に説明する。

第1図は本発明の実施例を示すブロック図である。図において、原子炉1には炉心に挿入される制御棒の位置、炉心内の中性子束、炉心の冷却材流量、温度、圧力等のプロセス量を検出する各種検出器（図示せず）が設置されている。これらの検出器から得られる各種のデータ信号2は炉心性能計算装置3に入力されて、ここで炉心の性能値が計算される。炉心性能計算装置3は電子計算機からなり、従来より使用されているものである。

一方軸方向炉出力予測装置4と径方向炉出力分布予測装置5は本出願人が先に出願した特願昭52-106262号“原子力発電所の炉出力予測装置”および特願昭52-140029号“原子力発電所の原子炉炉心状態予測装置”に詳細に開示されている。これを要約すると軸方向炉出力分布予測装置4

特開昭54-109594(2)

さらに出力上昇に伴つて線出力密度、熱的余裕等に対する制限条件や、燃料被覆管の保護のための炉内出力分布は炉心の各点において、過去の履歴で経験した出力レベルまでしか上昇できない。過去の出力レベルを超える出力上昇を行なうにはゆつくりした上昇率を採用する必要がある。このような条件を十分満足させるよう原子炉を運転しなければならないから、その運転にはかなりの労力が要求される。さらにスクラム時において前述の各種制限条件を満足させ、効果的な運転を行なうためにも、スクラム後の再起動時の炉心状態を予想する装置の出現が望まれていた。

本発明の目的は、原子力発電所において、原子炉スクラム後に再起動を行なうに当り、制限棒をスクラム前の位置まで引抜き、炉心冷却材流量を制御して出力上昇を行なう際、炉出力と炉内出力分布を予測し、それらがあらかじめ定められた制限条件を満足するか否かを判断するための再起動炉心状態予測装置

は炉心を軸方向一次元モデルで近似し、ゼノン濃度変化、流量変化に伴う炉出力と軸方向平均炉出力分布の時間的変化を予測し、径方向炉出力分布予測装置5は炉心性能計算装置3より後述するデータ追跡装置6を介して転送される現在の軸方向炉出力分布と、軸方向炉出力分布予測装置4から得られる T 時間後の軸方向炉出力分布とから、炉心の高さ h における出力の変化割合を求める。高さ h に対する変化割合を炉心性能計算装置3から得られる同じ高さの径方向出力分布に乗じて T 時間後の径方向出力分布が求められる。

しかし従来の径方向炉出力分布予測装置5によつてスクラム後の再起動状態を予測するのに、炉心性能計算装置3からのデータを直接用いることはできない。それは軸方向炉出力分布予測装置4や径方向炉出力分布予測装置5に必要とするスクラム直前の基準データがスクラムによつて逸出するからである。そこで炉心性能計算装置3と軸方向炉出力分布

予測装置4、径方向炉出力分布予測装置5の間にデータ追跡装置6を設け、ここに現状(スクラム直前)の炉心状態における炉出力分布、ボイド履歴分布、燃焼度分布、個々の制御棒位置を記憶させ、さらに軸方向のゼノンおよびその先行核である沃素の濃度分布を計算で求め記憶させる。過去の原子炉運転履歴より、常時炉心内の各点における燃料-被覆管相互作用に対する許容出力レベル(許容出力包絡線ともいう)についても、これを運転履歴に基づいて計算し記憶する。データ追跡装置6は通常炉心性能計算装置3からの出力信号7によりそのデータを更新するが、スクラム後は操作員がリセットしない限りデータ更新は行なわれない。

軸方向炉出力分布予測装置4で得られる炉出力や径方向炉出力分布予測装置5で得られる炉内出力分布は制限条件比較装置8に入力される。制限条件比較装置8は制限条件となる項目、たとえば最大線出力密度や炉心熱的

と同じパターンに戻ることを前提としているので、スクラム前のデータを記憶するデータ追跡装置6のデータがそのまま利用できる。予測結果は制限条件比較装置8の結果も含めて必要に応じて予測結果表示装置10に出力される。

本発明装置により原子炉スクラム後に再起動を行なつた際の予測例として、軸方向位置 k を変化させて軸方向平均相対出力分布を示せば第2図の結果が得られる。図において、 T_s は前述したようにスクラム後から再起動までの時間を示し、 T_m は再起動後の経過時間を示す。この結果炉心下部でかなり出力が上昇していることがわかる。

第3図は時間 T_m の増加による炉心流量変化の予測結果を示したもので、スクラム直前の炉心流量は97.3%である。再起動後約5時間で流量は約53%となり、明らかに炉心の熱的余裕の限界値を超えると判断されるので、このような形での出力上昇は無理である。

余裕を求め、制限条件設定盤9であらかじめ設定してある制限値や、データ追跡装置6に格納してある炉心内での許容出力包絡線と比較し、必要に応じて予測結果表示装置10に出力する。

軸方向と径方向の炉出力分布予測装置4、5でスクラム後に再起動炉心状態を予測するには、操作員入力装置11より再起動時間 T_s とその後の炉心流量を時間の関数で入力する。なお后者の代りに炉心出力を時間の関数で入力することもできる。再起動時のゼノン濃度分布は操作員入力装置11で与えられる再起動時間 T_s に基づいてデータ追跡装置6においてゼノンの動特性方程式を解いて求める。軸方向炉出力分布予測装置4で必要となる径方向バックリングのデータや径方向炉出力分布予測装置5で要求される炉出力分布のデータはすべてデータ追跡装置6から転送される。径方向バックリングには制御棒パターンが影響を及ぼすが、ここではスクラム前

第4図は炉停止時間 T_s を5時間とし、1度出力60%で10時間の運転を経て再起動を行なつた予測例であるが、このような出力上昇パターンによれば、熱的余裕の限界値を満足し運転が可能である。ここで再起動後10時間低出力(60%)を保持したのは、ゼノン濃度変化が落ち着いたのを待つためで、出力上昇を行ない易くする効果がある。

スクラム後に再起動する際、炉心状態を予測することは炉心の安全性、特に燃料の健全性を保持する上で重要であるが、第2図ないし第4図からわかるように、ゼノン濃度変化が反応度に及ぼす影響が非常に大きくゼノンを考慮した予測装置が必要であることがわかる。

制限条件比較装置8に前述の比較機能のほか、制限条件を逸脱した場合に制限条件を満足する炉出力かまたは炉心流量を推定し、その信号12を軸方向炉出力分布予測装置4に転送することにより、制限条件を満足する

効果的な出力上昇方法をうることができる。

本発明装置は初期値がすべてオンラインでプラントから得られるので、予測結果は精度よく、しかも予測演算時間もほぼ一次元軸方向拡散計算に要する時間で済ませることが可能である。また本発明装置によりスクラム後の炉心状態予測できるから、原子炉の運転が容易になり、さらに原子炉の稼働率向上にも大いに役立つものである。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明に係る再起動炉心状態予測装置のブロック図、第2図は本発明装置により得られる軸方向位置に対する炉心軸方向平均相対出力分布相対出力分布を示すグラフ、第3図は起動後の時間 T_m に対する炉心流量の予測で出力上昇が熱的余裕の限界値を超えていることを示す図、第4図は第3図と同様な炉心流量を予測する他のグラフで、出力上昇が熱的余裕の限界値を満足することを示すものである。

- 1 … 原子炉
- 2 … データ信号
- 3 … 炉心性能計算装置
- 4 … 軸方向炉出力分布予測装置
- 5 … 径方向炉出力分布予測装置
- 6 … データ追跡装置
- 7 … 出力信号
- 8 … 制限条件比較装置
- 9 … 制限条件設定盤
- 10 … 予測結果表示装置
- 11 … 操作員入力装置
- 12 … 信号

特許出願人 日本原子力事業株式会社
東京芝浦電気株式会社
代理人 弁理士 門 脇 実

図 1

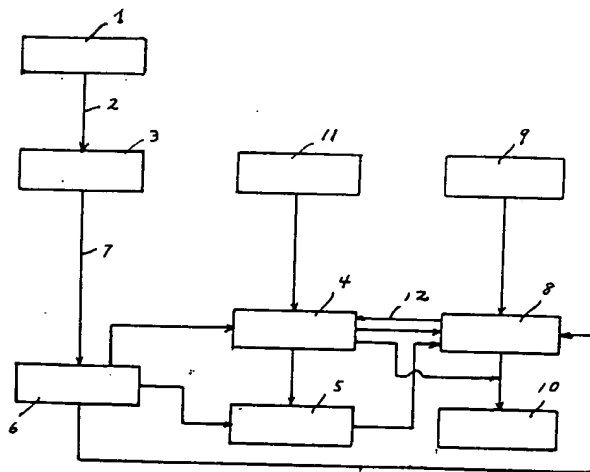
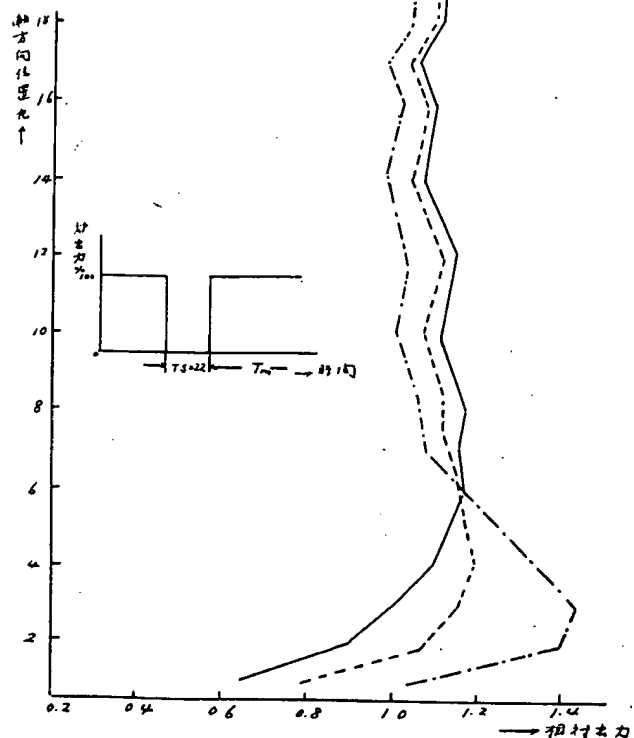
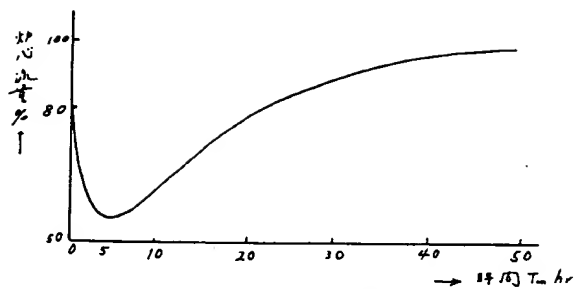


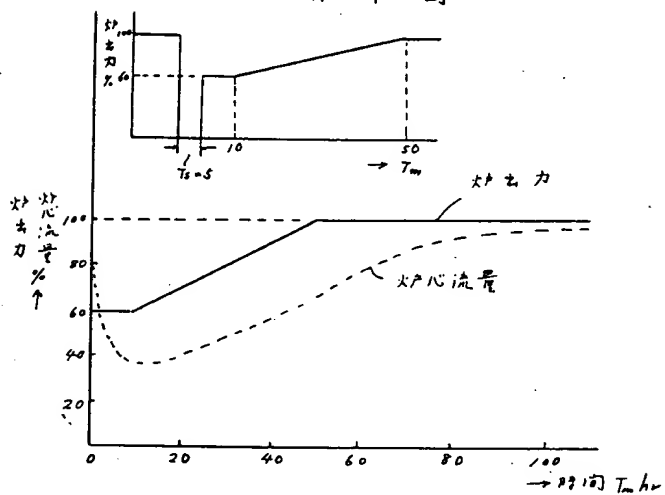
図 2



第 3 図



第 4 図



This Page is inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☒ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLORED OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REPERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images
problems checked, please do not report the
problems to the IFW Image Problem Mailbox**